

No. 53-137657

SPECIFICATION

1. Title of the Invention

Phase demodulating apparatus

2. What is claimed is:

A phase demodulating apparatus comprising a two-phase carrier regenerator and a four-phase carrier regenerator for regenerating carries of burst mode PSK wave signals, transmitted in burst mode, of which unique word of preamble unit is formed of two-phase PSK wave, and data unit is formed of four-phase PSK wave, a unique word detector for detecting said unique word by synchronously detecting the two-phase PSK wave by using the output of the two-phase carrier regenerator as reference signal, and a phase comparator for comparing the phases of the output of said two-phase carrier regenerator, the output of said four-phase carrier regenerator, and the output of said four-phase carrier regenerator shifted in phase by $\pi/2$ (rad) from the output of said two-phase carrier regenerator, coding in 2-level value depending on each phase difference, and issuing these code output values directly or by inverting depending on the detected value of the unique word detector, wherein phase ambiguity of demodulated signal (data) of said four-phase PSK detected synchronously is removed, using the output of said four-phase carrier regenerator as the reference signal, by the output value of said phase comparator.

3. Detailed Description of the Invention

The present invention relates to a phase demodulating apparatus for demodulating burst mode PSK wave signal, and more particularly to an improvement of phase ambiguity occurring at the time of demodulation.

Hitherto, the apparatus of this kind was constructed as shown in Fig. 1, in which a burst mode PSK wave signal (in this case, the unique word of preamble unit and data unit are both four-phase PSK waves) is put into an input terminal (1), and further through this input terminal, it is fed into a four-phase carrier regenerator (2), four-phase detectors (3), (4), and a bit timing regenerator (5), and the four-phase carrier regenerator (2) issues its carrier (non-modulated wave), and the bit timing regenerator (5) issues a bit timing wave. In this case, the phase of the carrier issued from the four-phase carrier regenerator (2) is any one of four states, that is, 0°, 90°, 180°, and -90°, as shown in Fig. 2, and it is ambiguous in which state the output phase settles.

The phase detectors (3) and (4) synchronously detect the four-phase PSK wave signals entered from the input terminal (1) on the basis of the reference signal of the output of the four-phase carrier regenerator (2) and phase shifter (6) for shifting its phase by $\pi/2$, and issue their baseband signals, respectively. These baseband signals are fed respectively into discriminative regenerators (7) and (8), and the discriminative regenerators (7) and (8) shape the waveforms of

these baseband signals in every bit by the bit timing wave issued from the bit timing regenerator (5), and obtain demodulated signals, then feed them into a unique word detector (9) and an ambiguity switch (10).

The demodulated signals obtained in the discriminative regenerators (7) and (8) involve the phase ambiguity mentioned above, and unless the output phase of the four-phase carrier regenerator (2) is 0° , wrong demodulated signal is obtained. Accordingly, in the burst mode PSK wave signal entered in the input terminal (1), a unique word (hereinafter called UW) is inserted in every burst for obtaining the burst timing, and in the transmission system for transmitting this UW in four-phase PSK wave, mutually orthogonal two UW (P, Q) are transmitted.

The demodulated signal fed into the unique word detector (9), that is, the demodulated UW may exist in one of four states (P, Q), (\bar{Q} , P), (Q, \bar{P}), and (\bar{P} , \bar{Q}), depending on the phase ambiguity at the time of demodulation, and any one state is detected by the unique word detector (9), and the detected value is put into an ambiguity controller (11). The ambiguity controller (11) judges the phase state of the detected value, and gives a control signal depending on the phase deviation to an ambiguity switch (10). The ambiguity switch (10) removes the phase ambiguity of the modulated signals issued from the discriminative regenerators ((7) and (8) by this control signal, and issues to output terminals (12a) and (12b).

In the conventional apparatus described so far, as far as the ratio of the carrier signal electric power to the noise

electric power (hereinafter called CNR) of the burst mode PSK wave signal entered in the input terminal (1) is favorable (the bit error rate (BER) corresponding to 10^{-4} or less), there is no problem, but inferior (BER corresponding to over 10^{-4}), the unique word detector (9) may malfunction, and detection of UW may fail.

Recently, therefore, when the CNR is poor, for example, it is required that no malfunction should occur at the BER of less than 10^{-2} (that is, the detection error of UW be 10^{-8} or less, and phase ambiguity should be removed), this requirement could not be satisfied by the conventional apparatus.

The invention is devised in the light of such background, and it is hence an object thereof to present a phase demodulating apparatus capable of demodulating securely without malfunctioning even if the CNR is worsened.

An embodiment of the invention shown in Fig. 3 is described. In Fig. 3, reference numeral (21) is a two-phase carrier regenerator, (22) is a two-phase detector, (23) is a unique word detector composed of discriminative regenerator (24) and unique word detector (25), (26) is a phase comparator, and (27) is an ambiguity controller. Reference numerals (1) to (8), (10), (12a), and (12b) are same as in the conventional apparatus in Fig. 1, and their description is omitted.

In this constitution, suppose the input terminal (1) has received the burst mode PSK wave signal composed of two-phase PSK wave in the preamble unit (unique word) and four-phase PSK wave in the data unit as shown in Fig. 4. This burst mode PSK

wave signal is put into the four-phase carrier regenerator (2) and two-phase carrier regenerator (21), and regenerated into carriers, and in this case it is supposed that the output of the four-phase carrier regenerator (2) has four states of phase ambiguity as mentioned above, and that the output of the two-phase carrier regenerator (21) has two states of phase ambiguity for the sake of two phases (these phase states are 45° and 225°).

That is, supposing the output of the four-phase carrier regenerator (2) to be a_1 , the output of the phase shifter (6) to be a_2 , and the output of the two-phase carrier regenerator (21) to be a_3 ,

$$a_1 = \sin \left\{ \omega_c t + \frac{n\pi}{2} \right\} \quad (1)$$

$$a_2 = \sin \left\{ \omega_c t + \frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{2} \right\} \quad (2)$$

$$a_3 = \sin \left\{ \omega_c t + \frac{\pi}{4} + m\pi \right\} \quad (3)$$

are obtained. Herein, n denotes the phase ambiguity of the four-phase carrier regenerator (2), being $n = 0$ (in the case of 0°), 1 (90°), 2 (180°), and 3 (-90°), and m denotes the phase ambiguity of two-phase carrier regenerator (21), being $m = 0$ (45°), 1 (225°).

Using the output a_3 of the two-phase carrier regenerator (21) as the reference signal, the two-phase PSK wave of the preamble unit entered from the input terminal (1) is synchronously detected by the phase detector (23), its detection output is shaped in waveform by the bit timing wave issued from the bit timing regenerator (5) by the discriminative

regenerator (24), and the demodulated UW is issued. This UW has a value of R or \bar{R} , and this UW value is detected by the unique word detector (25). In this case, when detecting R, the output phase of the two-phase carrier regenerator (21) is 45 °, and when detecting R-, it is 225 °

Incidentally, since the phase detector (21) is for two phases, and as compared with the four-phase detectors (3) and (4), its detection output level is higher by 8 dB, that is, when the unique word of the preamble unit is four-phase PSK wave, the BER corresponds to 10^{-2} , or in the case of two-phase PSK wave, the BER corresponds to 4×10^{-4} . Besides, the two-phase carrier regenerator (21) decreases in the noise power of its output as compared with the two-phase carrier regenerator (2). Therefore, the unique word detector (25) is lower in the probability of detection error of UW as compared with the unique word detector (9) in the prior art.

The phase comparator (26) synchronously detects the output a3 of the two-phase carrier regenerator (21), the output a1 of the four-phase carrier regenerator (2), and the output a3 of the phase shifter (6). The DC components of the detection output A_1 and A_2 are

$$A_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos\left(\frac{2n-1}{4}\pi - m\pi\right) + \frac{1}{2} \quad (4)$$

$$A_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos\left(\frac{2n+1}{4}\pi - m\pi\right) + \frac{1}{2} \quad (5)$$

That is,

In the case of $m=0, n=0, (A_1, A_2) = (1, 1)$ (6)

In the case of $m=0, n=1, (A_1, A_2) = (1, 0)$

In the case of $m=0$, $n=2$, $(A_1, A_2) = (0. 0)$

In the case of $m=0$, $n=3$, $(A_1, A_2) = (0. 1)$

In the case of $m=1$, $n=0$, $(A_1, A_2) = (0. 0)$

In the case of $m=1$, $n=1$, $(A_1, A_2) = (0. 1)$

In the case of $m=1$, $n=2$, $(A_1, A_2) = (1. 1)$

In the case of $m=1$, $n=3$, $(A_1, A_2) = (1. 0)$

Since the unique word detector (26) detects R in the case of $m=0$, and detector \bar{R} in the case of $m=1$, by giving it to the phase comparator (26), the code of the output (A_1, A_3) of the phase comparator (26) is inverted only when R is detected, the value of formula (6) is as follows regardless of the value of m :

In the case of $n=0$, $(A_1, A_2) = (1. 1)$ (7)

In the case of $n=1$, $(A_1, A_2) = (1. 0)$

In the case of $n=2$, $(A_1, A_2) = (0. 0)$

In the case of $n=3$, $(A_1, A_2) = (0. 1)$

Feeding this output (A_1, A_3) into the ambiguity controller (27), the phase state is judged, and the control signal depending on the phase deviation is given to the ambiguity switch (10). By this control signal, the ambiguity switch (10) removes the phase ambiguity of demodulated signal (data) of four-phase PSK wave issued from the discriminative regenerators (7) and (8), and issues to the output terminals (12a) and (12b).

So far is explained about the transmission system of the burst mode of the TDMA four-phase PSK wave burst mode, but not limited to this, the invention may be applied also in the SCPC-PSK.

Thus, in the phase demodulating apparatus of the invention, malfunction hardly occurs if the reception CNR is poor, and therefore, the antenna gain may be lowered by reducing the size of antenna, or the noise temperature of the low noise amplifier may be raised, so that the satellite communication system or ground communication system may be lower in cost.

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a block diagram showing a circuit configuration of a conventional phase demodulating circuit, Fig. 2 is an explanatory diagram for explaining the operation of Fig. 1, Fig. 3 is a block diagram showing a circuit configuration of an embodiment of the invention, and Fig. 4 is an explanatory diagram of Fig. 3.

In the drawings, reference numeral (2) is a four-phase carrier regenerator, (21) is a two-phase carrier regenerator, (22) is a unique word detector, (26) is a phase comparator, and (27) is an ambiguity detector.

Same parts or corresponding parts in the drawings are identified with same reference numerals.

Attorney: Shin-ichi Kuzuno, patent attorney

Fig. 4

Preamble unit

Data unit

2 phases

2 phases

4 phases

Pattern for regeneration of carrier and regeneration of bit
timing

Unique word

公開特許公報

昭53-137657

⑪Int. Cl.²
H 03 D 3/00
H 04 L 27/22

識別記号

⑫日本分類
98(5) E 22

庁内整理番号
6628-53

⑬公開 昭和53年(1978)12月1日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 4 頁)

⑭位相復調装置

⑮特 願 昭52-52192
⑯出 願 昭52(1977)5月7日
⑰発 明 者 藤野忠

尼崎市南清水字中野80番地 三

菱電機株式会社通信機製作所内

⑱出 願 人 三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目2
番3号

⑲代 理 人 弁理士 葛野信一 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

位相復調装置

2. 特許請求の範囲

バーストモードで伝送され、そのプリアンブ
ル部のユニークワードが2相PSSK波で、かつ
データ部が4相PSSK波で形成されたバースト
モードPSSK波信号の搬送波を再生する2相用
搬送波再生器および4相用搬送波再生器、この
2相用搬送波再生器の出力を基準信号として上
記2相PSSK波を同期検波し、上記ユニークワ
ードを検出するユニークワード検出部、上記2
相用搬送波再生器の出力と上記4相用搬送波再
生器の出力および上記2相用搬送波再生器の出
力と $\pi/2$ (rad) 移相された上記4相用搬送波再
生器の出力をそれぞれ位相比較してその位相差に
応じて2値符号化すると共に、これらの符号出
力値を上記ユニークワード検出部の検出値に応
じて直接あるいは反転させて出力する位相比較
器を備え、上記位相比較器の出力値により、上

記4相用搬送波再生器の出力を基準信号として
同期検波される^{上記}4相PSSKの復調信号(データ
部)の位相不確定性を除去するようにしたことを
特徴とする位相復調装置。

3. 発明の詳細な説明

この発明はバーストモードPSSK波信号を復
調する位相復調装置に関するもので、特にその
復調時において生ずる位相不確定性(phase ambi-
guity)の改善に関するものである。

従来のこの種の装置は第1図に示すように、
バーストモードPSSK波信号(この場合、プリ
アンブル部のユニークワードおよびデータ部は
共に4相PSSK波)は入力端子(1)を介して、4相
用搬送波再生器(2)、4相用の位相検波器(3)、(4)
およびビットタイミング再生器(5)にそれぞれ入
力されており、4相用搬送波再生器(2)ではその
搬送波(無変調波)が、ビットタイミング再生
器(5)ではビットタイミング波が再生出力される
。この場合、4相用搬送波再生器(2)から出力さ
れる搬送波の位相は第2図に示すように $0^\circ, 90^\circ$

、 180° 、 -90° の4状態のうちのいずれかをとり、その出力位相はいずれの状態になるかは不確定である。

位相検波器(1)および(4)はこの4相用搬送波再生器(1)の出力およびこれを $\pi/2$ 移相する移相器(6)の出力を基準信号として、入力端子(11)から入力される4相PSSK波信号を同期検波し、その基座帯(baseband)信号をそれぞれ出力する。これらの基座帯域信号は鑑別再生器(7)および(8)にそれぞれ入力され、鑑別再生器(7)および(8)はビットタイミング再生器(5)から出力されるビットタイミング波によりこれらの基座帯域信号を各ビット毎に波形成形して復調信号を得、これをユニークワード検出器(9)およびアンビギュティスイッチ(10)にそれぞれ入力する。

ここで、鑑別再生器(7)および(8)で得られる復調信号は上述した位相不確定性を有しており、4相用搬送波再生器(1)の出力位相が 0° 以外の時は誤った復調信号を得ていることになる。そこで、入力端子(11)に入力されるバーストモード

PSSK波信号には、この位相不確定性を除去し、バーストタイミングを得るためのユニークワード(以下UWと云う)が各バースト毎に挿入されており、このUWが4相PSSK波で伝送される伝送系では、互いに直交する2つのUW($P \cdot Q$)が送信されている。

ユニークワード検出器(9)に入力された復調信号すなわち復調されたUWはその復調時における位相不確定性により($P \cdot Q$)、($\bar{Q} \cdot P$)、($Q \cdot \bar{P}$)、($\bar{P} \cdot Q$)の4状態をとり、いずれかの状態がユニークワード検出器(9)により検出され、その検出値がアンビギュティ制御器(10)に入力される。アンビギュティ制御器(10)はその検出値の位相状態を判別し、位相ずれに応じた制御信号をアンビギュティスイッチ(10)に与える。このアンビギュティスイッチ(10)はこの制御信号により鑑別再生器(7)および(8)から出力される復調信号の位相不確定性を除去して出力端子(12a)および(12b)に出力する。

以上述べた従来の装置においては、入力端子

(11)に入力されるバーストモードPSSK波信号の搬送波信号電力対雑音電力比(以下CNRと云う)が低い場合(符号誤り率(以下BERと云う)が 10^{-4} 以下に相当)は問題ないが、悪い場合(BERが 10^{-4} 以上に相当)はユニークワード検出器(9)が誤動作し、UWの検出を誤ることがある。

しかるに最近ではCNRが悪い場合、例えばBERが 10^{-2} 以下において誤動作があつてはならない(UWの検出誤りが 10^{-8} 以下で、しかも位相不確定性が除去されていること)と云うような要求があり、この要求を満足させるには、従来の装置では不可能であつた。

この発明はこのような点にかんがみてなされたもので、CNRが悪化しても誤動作することなく確実に復調できる位相復調装置を提供するのである。

以下第3図に示すこの発明の一実施例について説明する。第3図において、2は4相用搬送波再生器、4は4相用の位相検出器、鑑別再

生器24およびユニークワード検出器4で構成されたユニークワード検出部、4は位相比較器、24はアンビギュティ制御器である。なお、(11)、(10)、(12a)、(12b)は第1図の従来装置と同一であるので説明は省略する。

このような構成において、入力端子(11)には第4図に示すようなプリアンブル部(ユニークワード)が2相PSSK波で、データ部が4相PSSK波からなるバーストモードPSSK波信号が入力されるものとする。このバーストモードPSSK波信号は4相用搬送波再生器(2)、2相用搬送波再生器24にそれぞれ入力され、その搬送波に再生されるのであるが、この場合、4相用搬送波再生器(2)の出力は上述したように4状態の位相不確定性をもち、また2相用搬送波再生器24は2相用のためその出力は2状態の位相不確定をもつ(この位相状態を 45° 、 225° とする)。

すなわち、4相用搬送波再生器(2)の出力を a_1 、移相器(6)の出力を a_2 、また2相用搬送波再生器24の出力を a_3 とすると、

$$a_1 = \sin \left(\omega_0 t + \frac{n\pi}{2} \right) \quad (1)$$

$$a_2 = \sin \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} + \frac{n\pi}{2} \right) \quad (2)$$

$$a_3 = \sin \left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2} + m\pi \right) \quad (3)$$

となる。なお、 n は4相用搬送波再生器(2)の位相不確定性を表わし、 $n=0$ (0° の場合)、 1 (90°)、 2 (180°)、 3 (-90°)、また m は2相用搬送波再生器(2)の位相不確定性を表わし、 $m=0$ (45°)、 1 (225°)とする。

この2相用搬送波再生器(2)の出力 a_3 を基準信号として、入力端子(1)から入力されるプリアンプ部の2相PSK波は位相検波器(4)において同期検波され、その検波出力は識別再生器(4)でビットタイミング再生器(6)から出力されるビットタイミング波により波形整形され、復調された U と V を出力する。この U と V は R あるいは \bar{R} の値を有し、この U と V の値はユニークワード検出器(4)により検出される。この場合 R を検出すれば2相用搬送波再生器(2)の出力位相は 45° 、 \bar{R} を検出すれば 225° である。

$$\left. \begin{array}{ll} m=0 & n=0 \text{ の場合 } (A_1, A_2 = (1, 1)) \\ & 1 \quad (1, 0) \\ & 2 \quad (0, 0) \\ & 3 \quad (0, 1) \\ m=1 & n=0 \text{ の場合 } (A_1, A_2 = (0, 0)) \\ & 1 \quad (0, 1) \\ & 2 \quad (1, 1) \\ & 3 \quad (1, 0) \end{array} \right\} \quad (4)$$

となる。

ユニークワード検出器(4)は $m=0$ の場合 R を、 $m=1$ の場合は \bar{R} を検出するので、これを位相比較器(4)に与え、 \bar{R} を検出した時のみ位相比較器(4)の出力 (A_1, A_2) の符号を反転させれば(4)式の符号値は m の値にかかわらず

$$\left. \begin{array}{ll} m=0 \text{ の場合 } (A_1, A_2) = (1, 1) \\ & 1 \quad (1, 0) \\ & 2 \quad (0, 0) \\ & 3 \quad (0, 1) \end{array} \right\} \quad (5)$$

ところで、位相検波器(4)は2相用であるので、4相用の位相検波器(3)および(4)に比べ、その検波出力レベルは8dB高くなり、このことはプリアンプ部のユニークワードが4相PSK送の場合BERが 10^{-2} に相当するのに対し、2相PSK波の場合BERが 4×10^{-4} に相当する。また2相用搬送波再生器(2)の方が4相用搬送波再生器(3)に比べ、その出力の雑音電力は減少する。したがって、ユニークワード検出器(4)は従来装置におけるユニークワード検出器(4)に比べ、 U と V の検出を誤る確率は少なくなる。

位相比較器(4)は2相用搬送波再生器(2)の出力 a_3 と4相用搬送波再生器(2)の出力 a_1 および移相器(6)の出力 a_2 をそれぞれ同期検波する。この検波出力の直流分を A_1 および A_2 とすると、

$$A_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \left(\frac{2n-1}{4} \pi - m\pi \right) + \frac{1}{2} \quad (6)$$

$$A_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \left(\frac{2n+1}{4} \pi - m\pi \right) + \frac{1}{2} \quad (6)$$

となる。すなわち

となる。

この出力 (A_1, A_2) をアンビギュティ判別器(4)に入力して位相状態を判別し、位相ずれに応じた制御信号がアンビギュティスイッチ(4)に与えられる。アンビギュティスイッチ(4)はこの判別信号により、識別再生器(4)および(6)から出力される4相PSK波の復調信号(データ)の位相不確定性を除去して出力端子(12a)および(12b)に出力する。

以上はTDMA 4相PSK波のバーストモードの伝送系について説明したが、この発明はこれに限らず4相SCPC-PSKに使用してもよい。

以上のようにこの発明に係る位相復調装置では受信CNRが悪くても誤動作をおこしにくいものであるから、例えば、アンテナを小形化してアンテナ利得を下げたり、低雑音増幅器の雑音温度を上げるなどによつて衛星通信システムや地上通信システムの低コスト化ができる利点がある。

4. 図面の簡単な説明

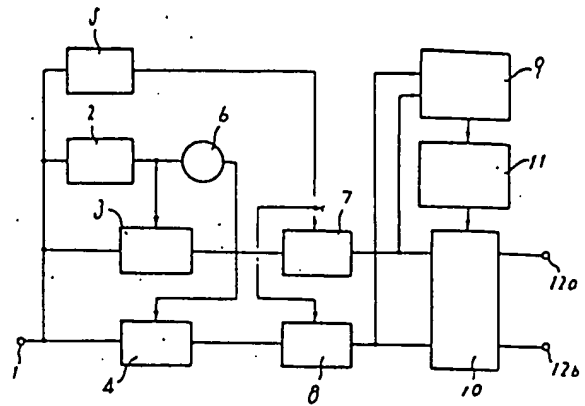
第1図は従来の位相復調装置の回路構成を示す系統図、第2図は第1図の動作を説明するための説明図、第3図はこの発明の一実施例の回路構成図、第4図は第3図の説明図である。

図中、12は4相用搬送波再生器、20は2相用搬送波再生器、22はユニークワード検出部、24は位相比較部、26はアンビギュイティ制御器である。

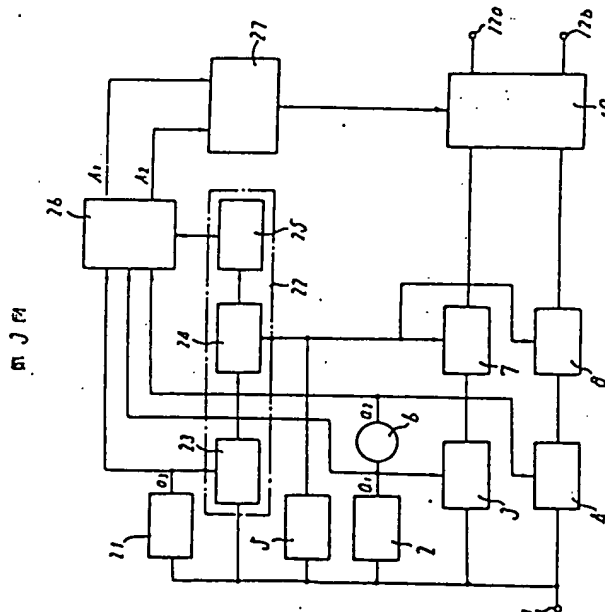
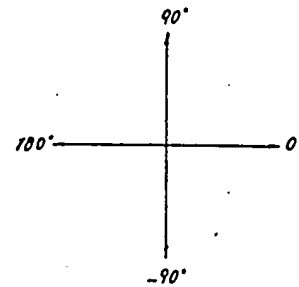
なお図中、同一あるいは相当部分には同一符号を付して示してある。

代理人 葛野 信一

第1図



第2図



第4図

搬送波再生器	2相	2相	4相	7°-7°2p
ユニークワード検出部	2相	2相	4相	7°-7°2p
位相比較部	2相	2相	4相	7°-7°2p
アンビギュイティ制御器	2相	2相	4相	7°-7°2p

昭和58年3月31日



昭和52年特許願第52192号(特開昭53-137657号昭和53年12月1日発行公開特許公報53-1377号掲載)については特許法第17条の2の規定による補正があったので下記のとおり掲載する。7(3)

特許庁長官殿

Int. Cl.	識別記号	庁内整理番号
H03D 3/00		7402-5J
H04L 27/22		7240-5K

1. 事件の表示 特願昭58-052102号

2. 発明の名称 位相復調装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人
住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
名 称 (601) 三菱電機株式会社
代表者 片 山 仁 八 郎

4. 代 理 人
住 所 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
氏 名 (6699) 三 菱 電 機 株 式 有 限 公 司
弁 理 士 佐 野 信 一
(特許代理人登録第11773号)



(1)



5. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明および図面の簡単な説明の欄

6. 補正の内容

- (1) 明細書第8頁第14行～第15行、第4頁第15行、および第4頁第16行、第10頁第8行、および第10頁第4行にそれぞれ「アンビギユティスイツチ00」とあるのを「アンビギユイティスイツチ00」と訂正する。
- (2) 同第4頁第12行に「アンビユユティ」とあるのを「アンビギユイティ」と訂正する。
- (3) 同第4頁第18行、第6頁第8行、および第10頁第2行にそれぞれ「アンビギユティ」とあるのを「アンビギユイティ」と訂正する。
- (4) 同第4頁第5行に「(P・Q)」とあるのを「(P, Q)」と訂正する。
- (5) 同第4頁第9行～第10行に「(P・Q)、(Q・P)、(Q・P̄)、(P̄・Q̄)」とあるのを「(P, Q)、(Q̄, P)、(Q, P̄)、(P̄, Q̄)」と訂正する。

(6) 同第5頁第4行に「(10⁻⁴)」とあるのを「10⁻⁴」と訂正する。

(7) 同第11頁第7行に「アンビギユティ」とあるのを「アンビギユイティ」と訂正する。

以 上